



## **ZMIANY W PRZEKROJACH POPRZECZNYCH POTOKU KRZCZONÓWKA PO PRZEJŚCIU FALI POWODZIOWEJ**

*Anna Lenar-Matyas, Joanna Korpak, Andrzej Mączalowski,  
Krzysztof Wolański*  
*Politechnika Krakowska*

### **CHANGES IN THE KRZCZONÓWKA STREAM CROSS-SECTIONS AFTER PASSING FLOOD DISCHARGE**

#### ***Streszczenie***

Potok Krzczonówka jest lewobrzeżnym dopływem Raby. W roku 2014, w okresie od kwietnia do września, na potoku tym prowadzone były prace związane z obniżeniem istniejącej zapory przeciwrumowiskowej. Po rozpoczęciu robót, w efekcie gwałtownych opadów, na potoku pojawiły się wysokie przepływy. Spowodowało to gwałtowne przemieszczenie się rumowiska z czaszy zapory na odcinek poniżej remontowanego obiektu. Prezentowana praca ma na celu przedstawienie wpływu powodzi na morfologię koryta potoku, w przypadku uruchomienia transportu dużej ilości rumowiska. Zaprezentowane zostaną obserwacje dotyczące zmian warunków przepływu wody i transportu rumowiska oparte o prowadzony monitoring.

**Słowa kluczowe:** powódź, utrzymanie potoku górskiego, procesy korytowe,

#### ***Summary***

*The Krzczonówka stream is left tributary of the Raba River. In 2014, during the period from April to September, the project related to the lowering of the existing debris dam was carried out. Heavy rainfall resulting in high flows occurred shortly after the start of work. In effect, large amount of debris was moved from the reach located upstream of*

*debris dam to the reach downstream of it. This work aims to present the influence of flood discharges on the morphology of the stream channel under conditions of high sediment supply. Observations on the changing conditions of water flow and sediment transport will also be presented*

**Key words:** *flood, maintenance of mountain stream, channel processes*

## WPROWADZENIE

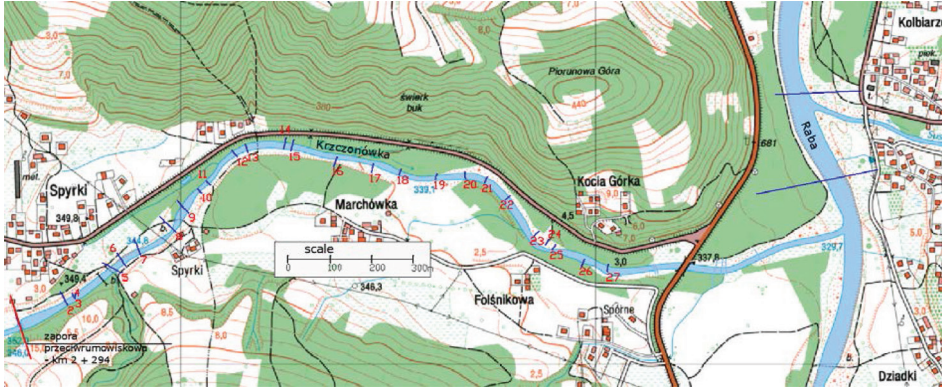
Potok Krzczonówka był wielokrotnie regulowany, jego koryto było prostowane, zwężane i przesuwane w związku z inwestycjami prowadzonymi na terenach przyległych. Dolina potoku stanowi cenny przyrodniczo teren dla bytowania i przemieszczania się rzadkich gatunków ryb, w szczególności głowacza białopłetwego (wg Poradnika ochrony siedlisk, 2012) Chronione na tym odcinku ryby wymagają do rozwoju naturalnych, żwirodennych koryt. Dlatego też ujściowy odcinek Krzczonówki został włączony do obszaru, na którym realizowany jest projekt „Tarliska Górnej Raby”, którego celem jest poprawa stanu hydromorfologicznego koryta. W ramach projektu przewidziano modernizację zapory przeciwrumowiskowej w km 2 + 440 oraz wykonanie w korycie poniżej zapory sztucznych bystrzy.

Autorzy prezentowanej pracy prowadzą monitoring na obszarze projektu „Tarliska Górnej Raby”, w którego zakres wchodzi pomiar geodezyjne, rumowiskowe, a także kartowanie geomorfologiczne. Założony cykl badań to jeden rok i ewentualne powtórzenie po wystąpieniu zjawisk ekstremalnych. Celem prezentowanej pracy jest przedstawienie zmian w korycie potoku Krzczonówka spowodowanych pracami utrzymaniowymi na odcinku ujściowym, remontem zapory przeciwrumowiskowej i wystąpieniem przepływu ekstremalnego w czasie wykonywanych prac. Dokonano także próby oceny wpływu tych zmian na warunki przepływu wody i transportu rumowiska.

## CHARAKTERYSTYKA ODCINKA BADAWCZEGO

Potok Krzczonówka jest lewym dopływem Raby. Jego długość wynosi 16,7 km, źródło znajduje się na wysokości 740 m n.p.m., a ujście w Pcimiu na wysokości 329 m n.p.m. Dolina Krzczonówki rozdziela Beskid Wyspowy i Makowski. Powierzchnia zlewni wynosi 87,6 km<sup>2</sup>. Badania prowadzono na niewielkim odcinku potoku, od ujścia do zapory przeciwrumowiskowej (km 2 + 440) i od zapory do istniejącej zabudowy stopniowej rozpoczynającej się w km 4 + 000 (Rys. 1). Ujściowy odcinek potoku Krzczonówka stanowi wraz z szeroką doliną obszar Natura 2000 PLH12 60, który ustanowiono dla ochrony

siedlisk zarośli wierzby siwej na kamieńcach i zwirowiskach górskich potoków oraz siedlisk trzech gatunków ryb: minoga strumieniowego, głowacza białopłetwego i brzanki (projekt nr 214004-00). Tereny przybrzeżne porośnięte są lasami łągowymi i grądami, które odgrywają znaczącą rolę w rozprzestrzenianiu się gatunków roślin i zwierząt.



**Rysunek 1.** Odcinek ujściowy potoku Krzczonówka z zaznaczoną lokalizacją przekrojów poprzecznych wykonanych w 2013 r. i powtórzonych w 2014 r.

**Figure 1.** The lower channel reach of the Krzczonówka stream; the location of cross sections made in 2013 and 2014 is shown

## METODY BADAŃ

Pomiary geodezyjne, które obejmują przekroje poprzeczne i niwelację zwierciadła wody, wykonywane były za pomocą zestawu GPS Topcon Hiper II. Pomiary rozpoczęto w 2013 r. i realizowano w kilku etapach:

- wiosna 2013 r. – 22 przekroje poprzeczne koryta i terenów przyległych na odcinku od zapory przeciwrumowiskowej do ujścia, zaniwelowanie zwierciadła wody (Rys. 1),
- jesień 2013 r. – 6 przekrojów poprzecznych koryta w czaszy zapory przeciwrumowiskowej
- wiosna 2014 r. (po majowym wezbraniu) – powtórzenie przekrojów we wcześniejszych lokalizacjach poniżej i powyżej zapory, wykonanie nowych przekrojów w miejscach silnie zmienionych w stosunku do stanu z roku poprzedniego.

Przekroje poprzeczne lokalizowano na koronach utworzonych i naturalnych bystrzy oraz poniżej nich.

Porównanie przekrojów ma na celu określenie tendencji zachodzących zmian morfometrii koryta i ich wpływu na warunki przepływu wody i przepustowość koryta potoku.

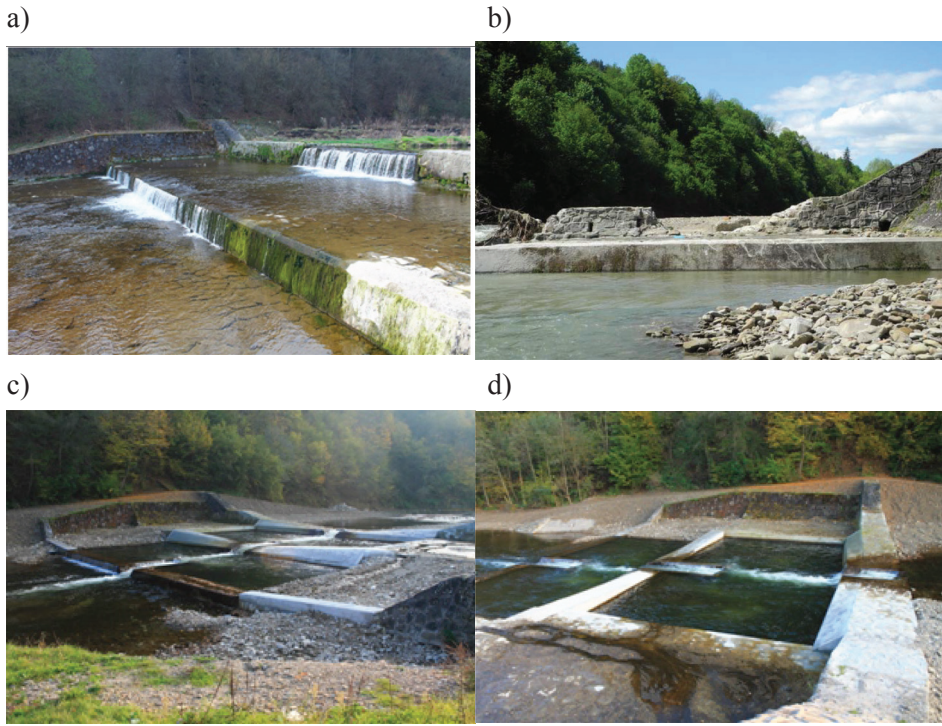
## ZMIANY WYKSZTAŁCENIA KORYTA W PRZESZŁOŚCI

Badany odcinek koryta można podzielić na dwie odmienne części rozdzielone starą zaporą przeciwrumowiskową, której budowa rozpoczęła się w 1935 r., a ukończyła w 1951 r. Była to budowla betonowa z okładziną kamienną o wysokości spadu ok. 7 m (projekt nr 46/43/1473). Jej głównym celem powstrzymanie erozji dna powodującej proces osuwania w obrębie wysokich stromych zboczy koryta na tym odcinku. Konstrukcja przerywała naturalną ciągłość systemu fluwialnego, utrudniała migrację ryb, a także ograniczała dostawę rumowiska z górnego odcinka potoku (Korpak J. i inni 2008). Powyżej zapory w korycie dominowała proces depozycji, a poniżej – erozji.

Poniżej zapory w różnych latach wykonano dodatkowo szereg podłużnych budowli regulacyjnych: ostróg, kierownic i opasek brzegowych. Wiele z tych budowli powstało na przełomie lat 50. i 60. XX w. Zadaniem tych budowli było skoncentrowanie przepływu i odsunięcie koryta od obu brzegów w celu zabezpieczenia przed skutkami erozji bocznej dróg biegnących wzdłuż potoku.

W latach 60. i 70. XX w. zbiornik zapory przeciwrumowiskowej zatrzymywał duże ilości rumowiska, a koryto powyżej zapory było aluwialne, lokalnie wykazywało tendencje do roztokowania. Jego szerokość przekraczała miejscami 100 m. Pod koniec lat 70., powyżej czaszy zapory, od km 4+000 (wyznaczającego koniec cofki zapory) w górę biegu potoku, zaplanowano wykonanie korekcji stopniowej na wielokilometrowym odcinku (od Skomialnej do Krzczonowa). Projekt ten realizowano przez kilkanaście lat, kilkakrotnie go modyfikując (projekty nr 3329, 3778). Korekcja stopniowa wywarła zasadniczy wpływ na dalszy rozwój koryta. Materiał niesiony przez rzekę zatrzymywany był pomiędzy stopniami. Erozja brzegowa skutecznie powstrzymana jest przez umocnienia brzegów, co również ogranicza dostawę rumowiska. Jedyne remonty zapory odbyły się pod koniec lat 90. XX w. według projektu z 1995 r. (projekt nr 46/43/1473). W tym czasie zbiornik zapory był już całkowicie wypełniony rumowiskiem. Koryto powyżej i poniżej zapory było wąskie, jego szerokość wynosiła kilkanaście metrów. Zapora była w bardzo złym stanie technicznym. Obawiano się, że zniszczenie zapory spowoduje silną erozję powyżej niej, co z kolei zagrozi stabilności niedawno wykonanej regulacji potoku za pomocą korekcji stopniowej. W wyniku prac remontowych poziom gardła przelewowego obniżono o 2 m. Dodatkowo poniżej zapory dobudowano nową płytę niecki wypadowej, która miała redukować energię płynącej wody.

Na początku obecnego wieku koryto Krzczonówki poniżej i powyżej zapory przeciwrumowiskowej było wąskie i jednonurtowe, w wielu miejscach docięte do litej skały.



**Rysunek 2.** Zapora przeciwrumowiskowa w korycie Krzczonówki, a. zapora przed modernizacją; b. zapora w trakcie modernizacji, po przejściu przepływu powodziowego; c, d. zmodernizowana zapora – październik 2014 r. (fot. K. Wolański)

**Figure 2.** Debris Dam in the channel of the Krzczonówka stream, a. debris dam before modernization; b. debris dam during modernization works, after passing flood discharge; c, d. debris dam after modernization works in October 2014 (fot. K. Wolański)

## PRACE UTRZYMANIOWE WYKONANE PO ROKU 2012

Prowadzony od 2012 r. projekt „Tarliska Górnej Raby” ma na celu poprawę stanu hydromorfologicznego rzeki (AB OVO Tarliska Górnej Raby, 2011). W ramach projektu na potoku Krzczonówka wykonano:

- 12 bystrzy z rumoszu skalnego (Rys. 6 a,c) w celu utrzymania równowagi hydrodynamicznej koryta potoku na odcinku od zapory przeciwrumowiskowej do ujścia – 2013 r.
- modernizację zapory przeciwrumowiskowej w km 2 + 440 polegającą na obniżeniu przelewu zapory o 1,9 m oraz przelewów dwóch stopni zlokalizowanych bezpośrednio poniżej zapory o 1,1 m i 0,5 m – 2014 r.



(Rys. 2); dzięki temu uzyskano likwidację bariery migracyjnej dla ryb i umożliwiono transport rumowiska z odcinka położonego powyżej zapory.

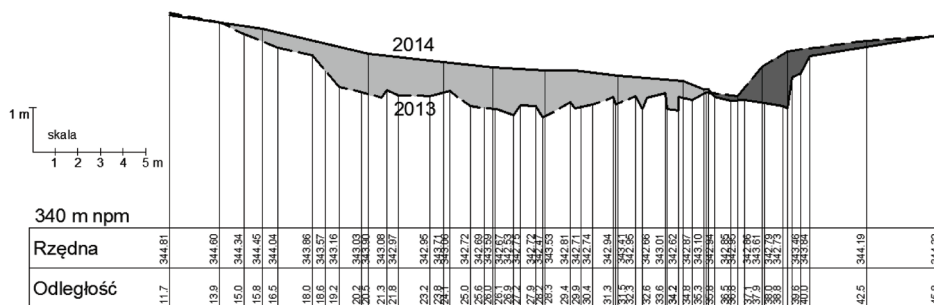
Oprócz tych działań, planowana jest stała kontrola transportu rumowiska poprzez dostarczanie materiału wleczonego do koryta w wybranych miejscach.

Z uwagi na położenie badanego odcinka Krzczonówki w obszarze Natura 2000, podejmowane działania w korycie mają zapobiegać przekształceniom siedlisk i niekorzystnym zmianom w obrębie populacji roślin i zwierząt. Powinny przyczyniać się do renaturyzacji biotopów oraz wspierać restytucję gatunków (Zajac T., Zajac K. 2006). Równocześnie wprowadzane zmiany nie mogą hamować rozwoju gospodarczego regionu czy też blokować ochrony przeciwpowodziowej (Nienhuis, P. H.; Leuven, R. S. E. W. 2001).

### ZDARZENIE EKSTREMALNE – MAJ 2014 r.

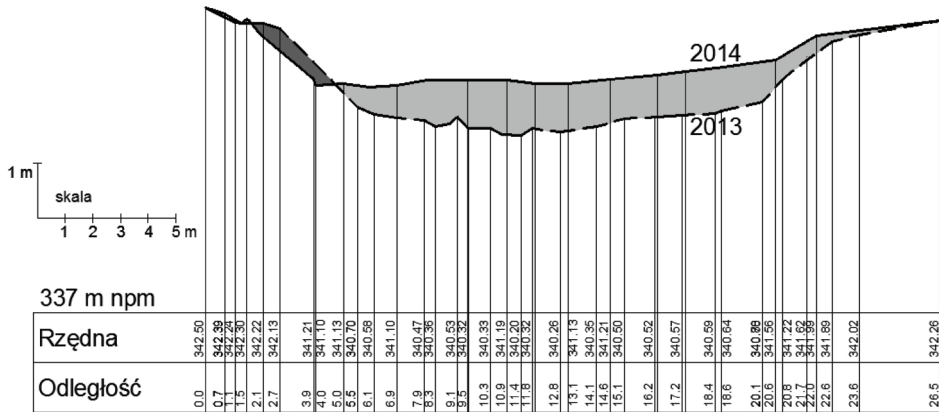
W połowie maja 2014 r. gwałtowne opady deszczu na południu Polski spowodowały znaczne zwiększenie przepływu w rzekach i potokach. Na potoku Krzczonówka, wg danych z wodowskazu Krzczonów, maksymalny przepływ wystąpił w nocy z 15 na 16 maja i wynosił ok. 250 m<sup>3</sup>/s. Przepływ taki jest bliższy przepływowi o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%, który wg IMGW jest równy 270 m<sup>3</sup>/s.

Opady deszczu i wysokie przepływy zbiegły się w czasie z pracami prowadzonymi przy przekształceniu zapory przeciwrumowiskowej. W efekcie spowodowało to bardzo duży transport rumowiska, co z kolei wpłynęło na znaczne zmiany na opisywanym odcinku potoku Krzczonówka. Przeobrażenia obserwowanego przez rok odcinka były na tyle duże, że można już przedstawić pierwsze wyniki pomiarów i wyciągnąć pierwsze wnioski.



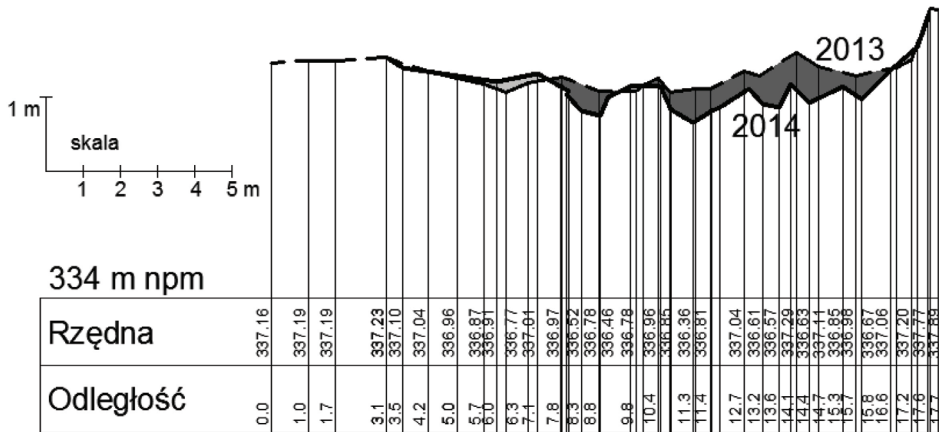
Rysunek 3. Przekrój poprzeczny nr 8, potoku Krzczonówka w km 1 + 860

Figure 3. Cross section No. 8, the Krzczonówka stream km 1 + 860



Rysunek 4. Przekrój poprzeczny nr 13, potoku Krzczonówka w km 1 + 590

Figure 4. Cross section No. 13, the Krzczonówka Stream km 1 + 590



Rysunek 5. Przekrój poprzeczny nr 20, potoku Krzczonówka w km 1 + 040

Figure 5. Cross section No. 20, the Krzczonówka stream km 1 + 040

## WSTĘPNE WYNIKI PROWADZONEGO MONITORINGU – ZMIANY PRZEKROJÓW POPRZECZNYCH

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że koryto na długich odcinkach zostało zasypane materiałem uwolnionym z czaszy zapory (Rys. 3), a także materiałem z brzegów (głównie prawego), na których wystąpiła intensywna erozja brzegowa (Rys. 3, 4). Oszacowano jaka ilość rumowiska została przeniesiona z czaszy zapory na odcinek poniżej zapory, poprzez wyko-

nanie bilansu erozji i akumulacji na analizowanym odcinku. Uznano, że materiał przyniesiony z czaszy to różnica objętości akumulowanego materiału i materiału wyerodowanego. Otrzymana wartość to  $V = 9399,5 \text{ m}^3$  (Wolański K. 2014).

Powyżej przedstawiono przykładowe przekroje poprzeczne (rys. 3, 4, 5), które pokazują jak zmieniło się koryto potoku po przejściu wysokich przepływów.

**a.** 24.04.2013 r.

**b.** 27.06.2014 r.



**c.** 07.04.2014 r.

**d.** 27.06.2014 r.



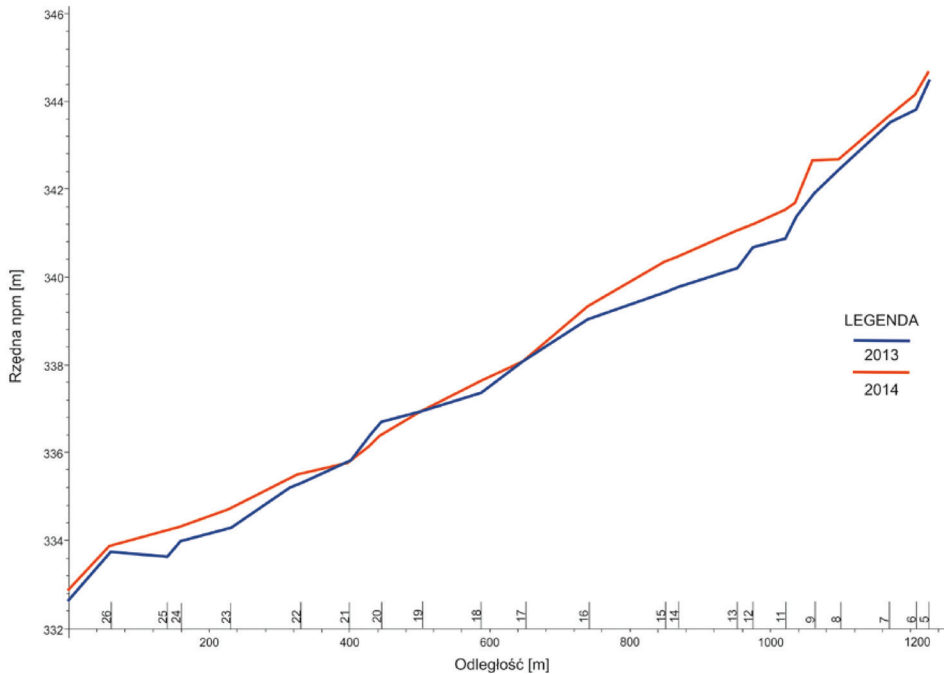
**Rysunek 6.** Bystrze nr 5: a. widok z brzegu lewego przed powodzią, b. widok z brzegu lewego po powodzi, c. widok od strony wody dolnej przed powodzią, d. widok od strony wody dolnej po powodzi (fot. K. Wolański)

**Figure 6.** Artificial riffle No. 5: a. view from the left bank before passing flood discharge, b. view from the left bank after passing flood discharge, c. view from the downstream reach before passing flood discharge, view from the downstream reach after passing flood discharge (fot. K. Wolański)

Wykonane poniżej zapory w 2013 r. sztuczne bystrza również uległy znacznym przeobrażeniom. Według wstępnej koncepcji, konstrukcje te lokowane były w miejscach gdzie powinno wystąpić naturalne załamanie zwierciadła wody czyli tam, gdzie występuje naturalne przejście z plosa w bystrze. Sztuczne bystrza wykonano z rumoszu skalnego o różnych średnicach, nie były stabilizo-



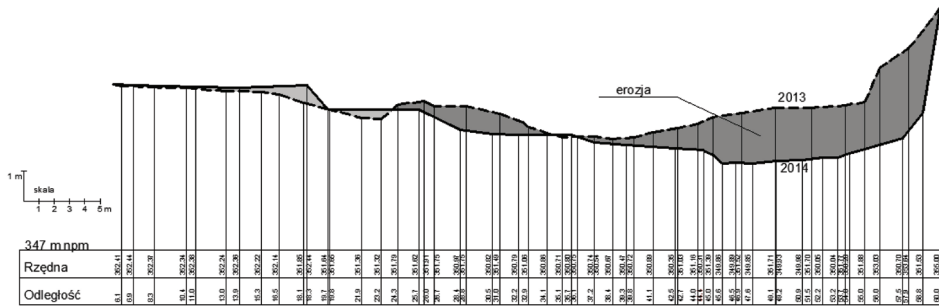
wane betonem jedynie zagęszczane za pomocą maszyn. Główny korpus bystrza tworzą bardzo duże bloki z kamienia łamanego, a przestrzenie pomiędzy nimi zostały wypełnione drobniejszym rumowiskiem. Przyjęto różną wysokość korpusu dla kolejnych konstrukcji, jest ona zależna od warunków lokalnych i mieści się w granicach 0,6 – 1,2 m. Podniesienie korony naturalnego bystrza powoduje zmniejszenie jednostkowej mocy strumienia na końcu plosa, a także na samej koronie (Korpak J. i inni 2008). Po przejściu fali powodziowej bystrza znajdujące się najbliżej zapory zostały zasypane drobnym rumowiskiem pochodzącym z czaszy modernizowanej zapory. Z pomiarów geodezyjnych wynika, że ich korony zostały utrzymane na wcześniejszym poziomie lub nieznacznie podniesione. Jednak ze względu na ilość rumowiska nie można zobaczyć jaki jest stan konstrukcji (Rys. 6). Kolejne bystrza zostały częściowo rozebrane przez duże przepływy i należy uzupełnić ich konstrukcje dużymi fragmentami skalnymi, a także zagęścić całość drobnym rumowiskiem.



**Rysunek 7.** Profil podłużny dna badanego odcinka przed (linia niebieska) i po wezbraniu (linia czerwona) (Wolański K. 2014), na osi poziomej zaznaczono numery wykonanych przekroi poprzecznych

**Figure 7.** Longitudinal profile of the channel bed reach of the Krzczonówka stream before (blue line) and after (red line) flood discharge (Wolański K. 2014), the number in the horizontal axis represents the number of the measurement cross section

Na profilu podłużnym (Rys. 7) porównano położenie dna ujściowego odcinka potoku Krzczonówka przed i po wystąpieniu wspomnianych przepływów powodziowych. Porównując przedstawione na przekrojach i w profilu wyniki pomiarów można zauważyć, że na całym odcinku dominuje akumulacja, a miąższość zdeponowanych osadów zawiera się w przedziale od 0,21-0,91 m. W przekrojach najbliższej zapory warstwa osadzonego rumowiska jest niewielka, potem rośnie i osiąga maksymalne wartości w okolicach przekrojów od 9 do 15. Transportowane rumowisko w tych przekrojach zasilane jest dodatkowo rumowiskiem z erodowanego prawego brzegu (Rys. 3). W dalszych przekrojach akumulacja maleje z biegiem rzeki, a w przekroju 20 wystąpiło nawet niewielkie pogłębienie koryta (Rys. 5, 7).



**Rysunek 8.** Przekrój powyżej zapory przeciwrumowiskowej, max pogłębienie to ok. 1,8 m

**Figure 8.** Cross section upstream of debris dam, maximum depth of erosion is 1.8 m



**Rysunek 9.** Podcięte brzegi potoku na odcinku powyżej obniżonej zapory przeciwrumowiskowej. (fot. A. Lenar-Matyas)

**Figure 9.** Bank erosion along the channel reach upstream of the lowered dam (fot. A. Lenar-Matyas)

Analiza przekrojów powyżej obniżanej zapory przeciwrumowskiej pokazuje, że odcinek ten również został znacznie zmieniony. Uruchomione przez wielki przepływ masy rumowiska spowodowały gwałtowną erozję na długim odcinku. Efekty widoczne są na odcinku 2 km powyżej zapory. Na rysunku 8 pokazano przekrój w czaszy zapory, gdzie dno koryta obniżyło się o ok. 1,8 m. Na wybranych zdjęciach (Rys. 9) widoczne są podcięte brzegi koryta na odcinku powyżej zapory.

## **ANALIZA WYNIKÓW**

Wystąpienie opadów i wysokich przepływów w okresie wykonywania prac przy zmianie konstrukcji zapory przeciwrumowskiej spowodowało zwiększony transport uruchomionego w czaszy rumowiska i spektakularne zmiany na odcinku powyżej i poniżej modyfikowanej konstrukcji.

Powodem akumulacji na odcinku ujściowym w pewnym stopniu były wykonane bystrza. Ich konstrukcja polegająca na podwyższeniu korony istniejącego bystrza powodowała redukcję spadku a przez to wolniejszy transport rumowiska. Rumowisko zatrzymywane było w płaszczyznach poprzedzających kolejne bystrza.

Analiza wykonanych przekrojów poprzecznych pozwala na stwierdzenie, że korony bystrzy znajdujących się najbliżej zapory utrzymane zostały na stałym poziomie lub dodatkowo podwyższone. Jednak ze względu na ilość rumowiska nie można zobaczyć jaki jest stan konstrukcji.

Ze względu na wcześniejszy stan ujściowego odcinka potoku, tj. intensywną erozję denną, odsłaniające się wychodnie skalne, brak dostawy rumowiska z górnego odcinka, obecny stan można uznać jako pozytywny efekt wprowadzonych zmian. Jednak ogromne ilości rumowiska osadzone w ujściowym odcinku potoku znacznie zmniejszają przepustowość koryta. Należy sprawdzić, czy nie stanowi to zagrożenia powodziowego dla terenów przyległych. Również erozja, która wystąpiła powyżej zapory może budzić wątpliwości. Na długich odcinkach widoczne są podcięte brzegi, a w korycie wystąpiły przegłębienia, odsłonięte zostało skalne dno potoku. Na długich odcinkach erozja boczna nie stanowi problemu, ponieważ dolina jest stosunkowo szeroka i nie zagospodarowana, jednak są miejsca, gdzie potok zbliża się do zabudowań i może to być dla nich zagrożeniem.

## **WNIOSKI**

Na podstawie prowadzonego monitoringu na potoku Krzczonówka, sformułowano pierwsze spostrzeżenia i wnioski:

1. Intensywność procesów, które wystąpiły na odcinku poniżej i powyżej modyfikowanej zapory przeciwrumowiskowej, spowodowana została nałożeniem się w czasie dwóch zdarzeń: rozpoczętych prac przy obniżeniu zapory i maksymalnych przepływów spowodowanych gwałtownymi opadami deszczu.
2. Obniżenie zapory przeciwrumowiskowej może mieć negatywny wpływ na zagospodarowane tereny przyległe powyżej i poniżej rekonstruowanego obiektu. Powyżej zagrożeniem będzie występująca erozja denną i brzegową, poniżej natomiast: akumulacja powodująca zmniejszenie przepustowości koryta i powodująca zagrożenie powodziowe.
3. Przeniesienie rumowiska na odcinek potoku poniżej modyfikowanej zapory w przyszłości może wpłynąć na urozmaicenie morfologii koryta i na poprawę stanu ekologicznego, co pozytywnie wpłynie na chronione siedliska.

## LITERATURA

- Korpak, J.; Krzemien, K.; Radecki-Pawlik, A. (2008) Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpaccich. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 04,
- Nienhuis, P. H.; Leuven, R. S. E. W. (2001) River restoration and flood protection: controversy or synergism?. *Hydrobiologia*, 444.1: 85-99,
- Wolański K. (2014) Wpływ działań renaturyzacyjnych na koryto potoku Krzczonówka, Praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków,
- Zajac T., Zajac K. (2006) Ochrona i gospodarowanie w obszarach systemu Natura 2000 w dolinach rzecznych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 2006/ 4 (1),
- AB OVO Tarliska Górnej Raby (2011), Opis techniczny TGR-O-R-002-02 (<http://www.tarliskagornejraby.pl/download.php?view.11>),
- Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 (<http://natura2000.gdos.gov.pl/natura2000/pl/poradnik.php#2>)
- Projekty techniczne regulacji:
- 3329, Regulacja potoku Krzczonówki z dopływami, Plan realizacyjny, Hydroprojekt Odział Kraków, 1976.
- 3378, Regulacja potoku Krzczonówki od km 9+245-6+000, Hydroprojekt Kraków, 1985.
- 46/43/1473, Remont zapory przeciwrumowiskowej na potoku Krzczonówka w km 2+440, Okręgowa Dyrekcja Gospodarki Wodnej w Krakowie, 1995.
- 214004-00, Tarliska Górnej Raby, Opis, Techniczny, Ove ARUP @ Partners International Ltd Sp. z o o. Odział Polsce, 2011.

dr inż. Anna Lenar-Matyas  
dr Joanna Korpak  
dr inż. Andrzej Mączyński  
mgr inż. Krzysztof Wolański  
Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej  
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków  
alenaar@iigw.pl

Wpłynęło: 16.02.2015.

Akceptowano do druku: 15.10.2015.